

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 拡散符号で相関をとり相関値を算出する相関器を備え、スペクトラム拡散及び符号分割多元接続を用いた移動体通信の受信側の同期追従装置において、前記相関器から出力される相関値のパワー若しくはその平均値を求めるパワー算出手段と、算出された相関値のパワー若しくはその平均値を複数のしきい値と比較する比較手段と、前記比較手段による比較結果に基づいて同期追従のためのタイミング調整幅を変化させる調整手段とを備えたことを特徴とする同期追従装置。

【請求項 2】 上記請求項 1 記載の同期追従装置において、前記比較手段による比較結果を前記相関器に出力し、該比較結果に基づいて前記相関器の相関長を変化させる制御手段を備えたことを特徴とする同期追従装置。

【請求項 3】 前記相関長は、累積加算の区間であることを特徴とする請求項 2 に記載の同期追従装置。

【請求項 4】 前記相関器は、送信信号の復調に使われる PN 系列（疑似ランダム符号系列）に比べて半チップ位相の進んだ PN 系列（early code）が注入されるアーリー相関器と、前記 PN 系列と半チップ位相の遅れた PN 系列（late code）が注入されるレイト相関器とから構成されることを特徴とする請求項 1 又は 2 の何れかに記載の同期追従装置。

【請求項 5】 上記請求項 1 又は 2 の何れかに記載の同期追従装置において、送信信号の復調に使われる PN 系列（疑似ランダム符号系列）に比べて半チップ位相の進んだ PN 系列（early code）が注入されるアーリー相関器と、前記 PN 系列と半チップ位相の遅れた PN 系列（late code）が注入されるレイト相関器とを備え、前記比較手段は、前記アーリー相関器から出力されるアーリー相関値と前記レイト相関器から出力されるレイト相関値との差分値を複数のしきい値と比較することを特徴とする同期追従装置。

【請求項 6】 前記相関器から出力される相関値のパワー若しくはその平均値に応じて相関値の信頼度を決定し、該信頼度に基づいて動作速度を変える適応制御を行うようにしたことを特徴とする請求項 1、2、4 又は 5 の何れかに記載の同期追従装置。

【請求項 7】 前記比較手段による複数のしきい値は、装置内部に有する複数の内部パラメータであることを特徴とする請求項 1、2 又は 5 の何れかに記載の同期追従装置。

【請求項 8】 前記タイミング調整幅は、受信側の拡散符号の位相移動幅であることを特徴とする請求項 1 記載の同期追従装置。

【発明の詳細な説明】**【0001】**

【発明の属する技術分野】本発明は、受信側の同期追従装置に係り、詳細には、符号分割多元接続（CDMA：Code Division Multiple Access）通信方式を用いた移動体通信方式における受信側の同期追従装置に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、移動通信における周波数利用効率を向上させるための技術の一つとして、CDMA（符号分割多元接続：Code Division Multiple Access）方式に関する研究及び開発が盛んに行われている。

【0003】この CDMA では、拡散／逆拡散のプロセスにおいて多重化されている希望波以外の他の送信局などからの干渉信号を熱雑音と同様に扱うことにより、プロセス利得（processing gain）に比例した数の送信局が同じ周波数帯を同時に使用することが可能となっている。CDMA では、例えば直接拡散（DS：Direct Sequence）は、同一周波数を利用するユーザーなどの送信局は疑似直交したコードで分離されている。

【0004】CDMA 通信方式を用いた同期追従装置としては、例えば、「スペクトラム拡散通信、次世代高性能通信に向けて：山内雪路著」p 114～p 116 に記載されたものがある。

【0005】一度同期位置の探索に成功すると、それ以後同期位置を変調や雑音の影響で見失わないように監視・修正するように同期システムのモードが変わる。これが同期追跡（tracking）である。DS 方式では、S/N 比が著しく低いためにわずかでも同期位置がふらつくと受信信号を簡単に見失うことになる。

【0006】DS 受信機でよく使用される同期追従装置は、同期追従装置（DLL：Delay Locked Loop）と呼ばれている。

【0007】従来の同期追従装置（DLL）の動作を説明する。

【0008】DLL は 2 組の相関器から構成されている。それぞれの相関器には実際の信号の逆拡散／検波に使われる PN 系列（疑似ランダム符号系列）に比べてそれぞれ半チップ位相の進んだ PN 系列（early code）と半チップ位相の遅れた PN 系列（late code）が注入されている。

【0009】従来の DLL では、アーリーコードで相関を取った相関値とレイトコードで相関を取った相関値の差分値を求める。そして、この差分値が正なら PN 系列の発生位相を遅らせ、差分値が負なら PN 系列の発生位相を進めるように制御することで、受信信号に対する PN 系列の位相を同期させ、保持し続けることができる。したがって、フェージングなどによるパスの変化に PN 系列を追従させ、復調データのパワーを最大に保つことができる。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、このような従来のDLLにあっては、上記動作によりパスの変化に同期追従する構成となっていたため、パスのパワーが小さくなるとearly codeまたはlate codeにより求めた相関値がノイズに埋もれて、正確なパスの追従ができなくなり、DLLの動作が不安定になる問題点がある。このため、DLLが正確なパスの位置からはずれてしまい、相関器の相関値の品質が劣化する。

【0011】また、再びパスのパワーが大きくなったときにDLLでパスの位置の補足ができないといった問題点もある。

【0012】本発明は、位相が大きく変動し、差分値が大きくなった場合であっても、素早く追従することができ、差分値が小さいときには変動幅を小さくし安定した位相を与えることができる同期追従装置を提供することを目的とする。

【0013】

【課題を解決するための手段】本発明に係る同期追従装置は、拡散符号で相関をとり相関値を算出する相関器を備え、スペクトラム拡散及び符号分割多元接続を用いた移動体通信の受信側の同期追従装置において、相関器から出力される相関値のパワー若しくはその平均値を求めるパワー算出手段と、算出された相関値のパワー若しくはその平均値を複数のしきい値と比較する比較手段と、比較手段による比較結果に基づいて同期追従のためのタイミング調整幅を変化させる調整手段とを備えて構成する。

【0014】また、上記同期追従装置は、比較手段による比較結果を相関器に出力し、該比較結果に基づいて相関器の相関長を変化させる制御手段を備えて構成してもよく、また、相関長は、累積加算の区間であってもよい。

【0015】また、相関器は、送信信号の復調に使われるPN系列（疑似ランダム符号系列）に比べて半チップ位相の進んだPN系列（early code）が注入されるアーリー相関器と、PN系列と半チップ位相の遅れたPN系列（late code）が注入されるレイト相関器とから構成されるものであってもよい。

【0016】また、上記同期追従装置は、送信信号の復調に使われるPN系列（疑似ランダム符号系列）に比べて半チップ位相の進んだPN系列（early code）が注入されるアーリー相関器と、PN系列と半チップ位相の遅れたPN系列（late code）が注入されるレイト相関器とを備え、比較手段は、アーリー相関器から出力されるアーリー相関値とレイト相関器から出力されるレイト相関値との差分値を複数のしきい値と比較するようにしてもよい。

【0017】また、相関器から出力される相関値のパワ

$$D_{i2} = P_{Ne1} * D_i$$

累積加算器13では、ある相関長の定数NだけデータD

一若しくはその平均値に応じて相関値の信頼度を決定し、該信頼度に基づいて動作速度を変える適応制御を行うようにしてもよい。

【0018】また、比較手段による複数のしきい値は、装置内部に有する複数の内部パラメータであってもよく、タイミング調整幅は、受信側の拡散符号の位相移動幅であってもよい。

【0019】

【発明の実施の形態】本発明に係る同期追従装置は、CDMA通信方式を用いた移動体通信システム等に用いられる同期追従装置に適用することができる。

【0020】図1は本発明の第1の実施形態に係る同期追従装置の構成を示すブロック図である。

【0021】図1において、同期追従装置（DLL）1は、アーリー相関器10、レイト相関器20、タイミング調整器30（調整手段）及びパワー比較器40（パワー算出手段、比較手段）から構成されており、アーリー相関器10は、アーリーPN発生器11、乗算器12、累積加算器13及び正規化器14から構成され、レイト相関器20は、レイトPN発生器21、乗算器22、累積加算器23及び正規化器24から構成されている。

【0022】図1に示すように、本同期追従装置（DLL）1は、2組の相関器（アーリー相関器10とレイト相関器20）とを備え、それぞれの相関器には実際の送信信号の復調に使われるPN系列（疑似ランダム符号系列）に比べてそれぞれ半チップ位相の進んだPN系列（early code）と半チップ位相の遅れたPN系列（late code）が用いられている。

【0023】上記パワー比較器40は、相関器10、20から出力される相関値のパワー若しくはその平均値を求め、算出された相関値のパワー若しくはその平均値を装置内に有する複数のしきい値と比較する。

【0024】上記タイミング調整器30は、パワー比較器40からの比較結果に応じて同期追従のためのタイミング調整幅を変化させる。

【0025】以下、上述のように構成された同期追従装置（DLL）1の動作を説明する。

【0026】R_iから入力したデータD_iは、アーリー相関器10及びレイト相関器20の乗算器12、22に出力される。

【0027】相関の動作はアーリー相関器10とレイト相関器20で同じであるので、例として、アーリー相関器10で説明する。

【0028】乗算器12では、アーリーPN発生器11で発生したPN系列P_{Ne1}とデータD_iを掛け合わせてデータD_{i2}を求め、このデータD_{i2}を累積加算器13に出力する。この動作は式（1）で示される。

【0029】

$$\dots (1)$$

i2を累積加算して累積加算値D_{i3}を求め、求めた累

積加算値 D_{i3} を正規化器14に出力する。正規化器14では、累積加算値 D_{i3} を定数 N で除算しアーリー相関値 $CorrE1$ を求める。

$$D_{i3} = \sum D_{i2} = \sum (PN_{e1} * D_i) \quad (i=1, N) \dots (2)$$

$$CorrE1 = D_{i3} / N = \sum D_{i2} / N = \sum (PN_{e1} * D_i) / N \quad (i=1, N) \dots (3)$$

レイト相関器20についても同様な動作を行い、レイト相関値 $CorrL1$ を求める。

【0032】次に、アーリー相関器10の正規化器14から出力されたアーリー相関値 $CorrE1$ とレイト相関器20の正規化器24から出力されたレイト相関値 $CorrL1$ は、パワー比較器40に出力される。

$$Sub1 = CorrE1 - CorrL1 \quad \dots (4)$$

基本的には上記 $Sub1$ の値が正であれば、タイミング調整器タイミングクロック $TCLK$ を進める動作を行い、 $Sub1$ の値が負であれば、タイミングクロック $TCLK$ を遅らせる操作を行って、新しいタイミングクロック $TCLK'$ を生成する。

$$TCLK' = TCLK + X \quad (Sub1 > 0) \quad \dots (5)$$

$$TCLK' = TCLK - X \quad (Sub1 < 0) \quad \dots (6)$$

上記移動幅 X は、差分値 $Sub1$ 、最大値 N 及びパラメータから式(7)により与えられる。

$$X = f(Sub1, parameters, N) \quad \dots (7)$$

例えば、この関数はパラメータによって与えられるステップ関数などが考えられる。

【0038】タイミング調整器30は、新しいタイミングクロック $TCLK'$ をアーリーPN発生器11とレイトPN発生器21に出力する。新しいタイミングクロック $TCLK'$ を受けたアーリーPN発生器11とレイトPN発生器21はタイミングクロック $TCLK'$ に同期して新しいPN系列を発生する。

【0039】以上が、同期追従の一連の動作である。

$$X = P * f(Sub1, parameters, N)$$

$$(P: \text{パワーによって与えられる信頼度}) \quad \dots (8)$$

すなわち、DLLにとって十分なパワーがある時は、信頼度を上げ素早い対応を行い、パワーがない時は信頼度を下げ、DLLの動作を鈍くするといった適応制御を行うことができる。

【0043】これにより、パワーが小さいときは相関値そのものの信頼性が低いので、差分値そのものを信用して、信号強度が下がった時に間違った方向に大きく位相をずらしてしまうといったことを避けることができる。

【0044】以上の操作によりDLLの精度を向上させることができる。

【0045】以上説明したように、第1の実施形態に係る同期追従装置(DLL)1は、アーリー相関器10と、レイト相関器20と、パワー比較器40からの比較結果に応じて同期追従のためのタイミング調整幅を変化させるタイミング調整器30と、DLLで追従しているパスのパワー若しくはその平均値を装置内に有する複数

【0030】以上の操作を式により記述すると式(2)、式(3)に示ようになる。

【0031】

【0033】パワー比較器40では、アーリー相関値 $CorrE1$ とレイト相関値 $CorrL1$ の差 $Sub1$ を求め、求めた差分値 $Sub1$ を複数の内部パラメータと比較する。この動作は式(4)で示される。

【0034】

【0035】しかし、ここでは差分値の大きさに応じて移動幅 X を0から N まで変化させDLLの追従スピードを制御する。この動作は式(5)、式(6)で示される。

【0036】

【0037】

【0040】この操作により、差分値 $Sub1$ が大きいときに移動幅 X を大きく取り、素早く追従したり、差分値 $Sub1$ が小さいときには動かさないなどの制御が可能となる。

【0041】また、移動幅 X を求めるときに差分値 $Sub1$ だけでなく、相関パワーそのものを考慮して式(8)に示すように決定することも可能である。

【0042】

のしきい値と比較するパワー比較器40とを備え、アーリーコードの相関値とレイトコードの相関値の差に応じて同期追従のためのタイミング調整幅を変化させるようにしているので、パスのパワーが大きいときDLLの同期追従速度を上げることができ、パスのパワーが小さいときDLLの同期追従速度を低下若しくは停止させることができる。また、相関パワーに応じて、追従速度を変えることにより、信頼度を下げることにより変動幅を小さくし、でたためな方向へ位相を動かしてしまうことを避けることができる。

【0046】したがって、位相が大きく変動し、差分値が大きくなったとににでも、素早く追従することができ、なおかつ、差分値が小さいときには変動幅を小さくし安定した位相を与えることができる。また、受信データの信号成分が追従できないほど小さいときは、信頼度を下げることにより変動幅を小さくし、でたためな方向

へ、位相を動かしてしまうことを避けることができる。

【0047】このような特長を有する同期追従装置(DLL)1を基地局受信システムや移動局受信システムに適用することで、システムの受信性能を改善することができる。

【0048】図2は本発明の第2の実施形態に係る同期追従装置の構成を示すブロック図である。

【0049】図2において、同期追従装置(DLL)2は、アーリー相関器50、レイト相関器60、タイミング調整器70(調整手段)及びパワー比較器80(パワー算出手段、比較手段)から構成されており、アーリー相関器50は、アーリーPN発生器51、乗算器52、累積加算器53及び正規化器54から構成され、レイト相関器60は、レイトPN発生器61、乗算器62、累積加算器63及び正規化器64から構成されている。

【0050】図2に示すように、本同期追従装置2は、2組の相関器(アーリー相関器50とレイト相関器60)とを備え、それぞれの相関器には実際の送信信号の復調に使われるPN系列(疑似ランダム符号系列)に比

$$\begin{aligned} AVE_{E1} &= \sum CorrE1 / M \\ AVE_{L1} &= \sum CorrL1 / M \end{aligned}$$

次に、上記のパワーの平均値 AVE_{E1} 、 AVE_{L1} とパワーしきい値群 $PowTH(j)$ を比較し、平均値 AVE_{E1} と AVE_{L1} がパワーしきい値群 $PowTH(i)$ の中のどこに位置しているかを求める。

【0056】この位置に応じて、累積加算器53、63の累積数 N を制御する制御信号 $C1$ をアーリー相関器50とレイト相関器60に出力する。

【0057】制御信号 $C1$ を受けた後はアーリー相関器

$$N' = K * N$$

但し、上記 K が常に1以上とは限らない。この新たな定数 N' を用いて、累積加算器53及び正規化器54を動作させ、新たなアーリー相関値 $CorrE1'$ を求める。レイト相関器60でも同様な操作を行い、新たなレイト相関値 $CorrL1'$ を求める。

【0060】ここで、 S/N のゲインの増加について以

$$Di = Si + Ni$$

この式(12)を用いると、アーリー相関値 $CorrE1$ は式(13)のようになる。

$$\begin{aligned} CorrE1 &= \sum Di * PNe1 / N \\ &= \sum Si * PNe1 + \sum Ni * PNe1 \quad (i=1, N) \\ &= \sum Si * PNe1 + Noiz \\ &\quad (i=1, N; Noiz = \sum Ni * PNe1) \dots (13) \end{aligned}$$

ノイズ成分 Ni は $PNe1$ と相関性がないので、 $\sum Ni * PNe1$ ($i=1, N'$)は元の相関区間が充分大きければ、相関区間が増えてもほとんど変わらない。

$$CorrE1' = \sum Si * PNe1 + Noiz$$

よって、 $CorrE1'$ と $CorrE1$ の S/N の差は式(15)のようになる。

べてそれぞれ半チップ位相の進んだPN系列(early code)と半チップ位相の遅れたPN系列(late code)が用いられている。

【0051】第1の実施形態との違いはパワー比較器80からのパワー信号が、アーリー相関器50及びレイト相関器60に与えられていることである。

【0052】この信号以外の動作は上述した第1の実施形態と同様である。第1の実施形態に加えて、以下のパワー制御の動作を行う。

【0053】正規化器54から出力されたアーリー相関値 $CorrE1$ と正規化器64から出力されたレイト相関値 $CorrL1$ とは、それぞれパワー比較器80に出力される。

【0054】パワー比較器80では、アーリー相関値 $CorrE1$ とレイト相関値 $CorrL1$ のパワーの一定時間(すなわち、一定個数 M)の平均値 AVE_{E1} 、 AVE_{L1} を式(9)、式(10)に従って算出する。

$$\begin{aligned} & \dots (9) \\ & \dots (10) \end{aligned}$$

50とレイト相関器60で同様の動作をするので、例として、アーリー相関器50で説明する。

【0058】パワー比較器80から制御信号 $C1$ を受け取ったアーリー相関器50は、累積加算器53と正規化器54で用いる定数 N を制御信号 $C1$ に応じた K 倍にする動作を行い、新たな定数 N' を求める。この動作は式(11)で示される。

$$\dots (11)$$

下の式(12)~(15)を参照して述べる。例として、アーリー相関器50で示す。受信データ Di に含まれる信号成分を Si 、ノイズ成分を Ni とすると受信データ Di は以下の式(12)のように表せる。

$$\dots (12)$$

【0062】

【0063】したがって、相関区間 N' におけるアーリー相関値 $CorrE1'$ は式(14)のようになる。

$$\dots (14)$$

【0065】

$$(S/N(\text{CorrE1}')) / (S/N(\text{CorrE1})) = K$$

… (15)

上記式 (15) から明らかなように、新しい定数 N' で求めたアーリー相関値 $\text{CorrE1}'$ の S/N は定数 N のアーリー相関値 CorrE1 の S/N の K 倍のゲインを持つ。

【0066】ここで、例として、 $K=2$ とすると $N' = 2N$ となり、累積加算の区間 (相関長) が従来の 2 倍に増える。したがって、アーリー相関値 CorrE1 の値は、定数 N のときと比較して 2 倍の S/N のゲインを持つことになる。

【0067】したがって、相関値のパワーや位相がほぼ一定とみなされる区間内においては、 K の値を増やすほど S/N のゲインを増やすことができる。

【0068】このように、受信データの信号成分が従来では追従できないほど小さいときでも相関長の定数を適応的に大きくすることによりアーリー相関値とレイト相関値の S/N のゲインを大きくすることができ、DLL でのパスの追従が可能になる。

【0069】また、しきい値を複数設定することで、例えば、相関パワーが所望値の半分にになれば相関長を倍に、 $1/4$ になれば相関長を 4 倍にするといった、適応制御を行うことができ、より一層 DLL の精度を向上させることができる。

【0070】また、DLL にとって十分なパワーがある時は相関長を短くすることにより、追従速度を早めるといった制御も可能となる。

【0071】以上説明したように、第 2 の実施形態に係る同期追従装置 2 は、アーリー相関器 50 と、レイト相関器 60 と、パワー比較器 80 からの比較結果に応じて同期追従のためのタイミング調整幅を変化させるタイミング調整器 70 と、DLL で追従しているパスのパワー若しくはその平均値を装置内に有する複数のしきい値と比較するパワー比較器 80 とを備え、パワー比較器 80 による比較結果を相関器 50、60 に出力し、比較結果に基づいて相関器 50、60 の相関長を変化させるように制御しているので、受信データの信号成分が従来では追従できないほど小さいときでも、相関長の定数を適応的に大きくすることにより DLL 内のアーリー相関値とレイト相関値の S/N のゲインを大きくすることができ、DLL でのパスの追従が可能になる。

【0072】すなわち、DLL の相関長を相関値に応じて長くすることで、アーリーコードの相関値とレイトコードの相関値の S/N 比を改善することができ、今まで、ノイズに埋もれて求めることのできなかった信号成分を抽出することができる。これにより、パスのパワーが小さいときでも DLL の同期追従が可能になる。

【0073】また、第 1 の実施形態と組み合わせることにより、多彩な場面での適応制御が可能である。例えば、パワーが充分得られているときは、第 1 の実施形態

で示したような素早い反応が可能であり、パワーが減ってくれば、第 1 の実施形態で示した機能により DLL の動作を鈍らせ、その間に第 2 の実施形態で示した機能により相関長を伸ばし、必要な信用に足るパワーを得ることができる。

【0074】なお、上記各実施形態に係る同期追従装置を、上述したようなスペクトラム拡散及び符号分割多元接続を用いた移動体通信の受信側の同期追従装置に適用することもできるが、勿論これには限定されず、CDMA 受信を行う通信システムであれば全ての装置 (例えば、基地局受信システムや移動局受信システム) に適用可能であることは言うまでもない。

【0075】また、上記同期追従装置の相関器等を構成する回路、PN 発生器等の種類、数及び接続方法などは前述した上述の実施形態に限られないことは言うまでもない。

【0076】

【発明の効果】本発明に係る同期追従装置では、スペクトラム拡散及び符号分割多元接続を用いた移動体通信の受信側の同期追従装置において、相関器から出力される相関値のパワー若しくはその平均値を求めるパワー算出手段と、算出された相関値のパワー若しくはその平均値を複数のしきい値と比較する比較手段と、比較手段による比較結果に基づいて同期追従のためのタイミング調整幅を変化させる調整手段とを備えて構成しているので、位相が大きく変動し、差分値が大きくなった場合であっても、素早く追従することができ、差分値が小さいときには変動幅を小さくし安定した位相を与えることができる。

【0077】また、本発明に係る同期追従装置では、比較手段による比較結果を相関器に出力し、該比較結果に基づいて相関器の相関長を変化させる制御手段を備えて構成しているので、DLL の相関長を相関値に応じて長くすることで、アーリーコードの相関値とレイトコードの相関値の S/N 比を改善することができ、ノイズに埋もれて求めることのできなかった信号成分を抽出することができる。

【0078】したがって、このような同期追従装置を基地局受信システムや移動局受信システムに適用することで、システムの受信性能を改善することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明を適用した第 1 の実施形態に係る同期追従装置の構成を示すブロック図である。

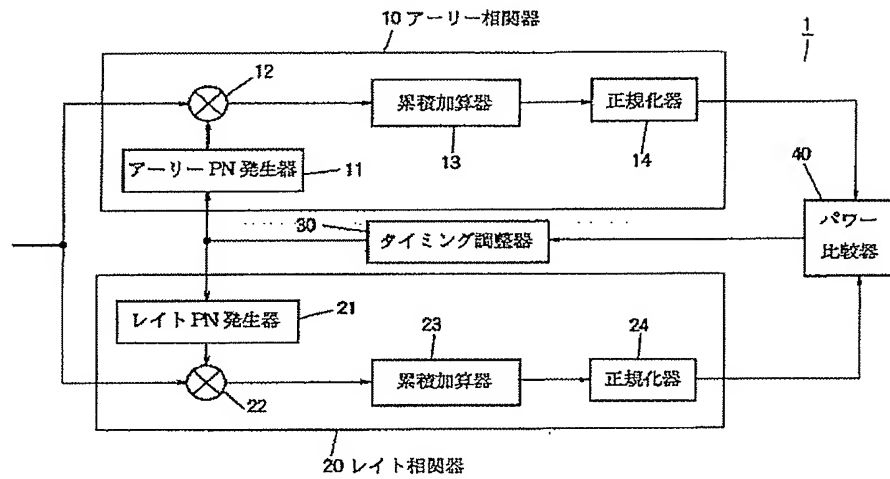
【図 2】本発明を適用した第 2 の実施形態に係る同期追従装置の構成を示すブロック図である。

【符号の説明】

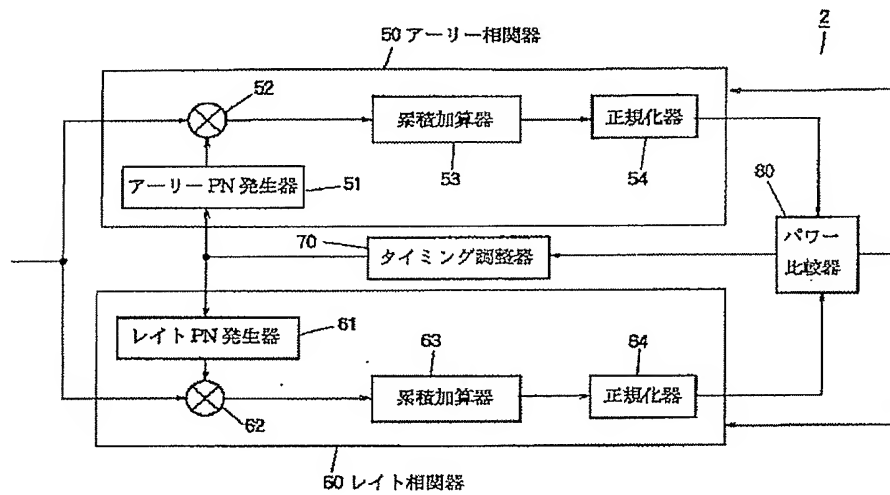
1, 2 同期追従装置 (DLL)、10, 50 アーリー相関器、11, 51 アーリー PN 発生器、12, 2

2, 52, 62 乗算器、13, 23, 53, 63 累積加算器、14, 24, 54, 64 正規化器、20, 60 レイト相関器、30, 70 タイミング調整器
 (調整手段)、40, 80 パワー比較器 (パワー算出手段、比較手段)、

【図 1】



【図 2】



PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-056402

(43)Date of publication of application : 24.02.1998

(51)Int.Cl.

H04B 1/707

H04L 7/00

(21)Application number : 08-209670

(71)Applicant : OKI ELECTRIC IND CO LTD

(22)Date of filing : 08.08.1996

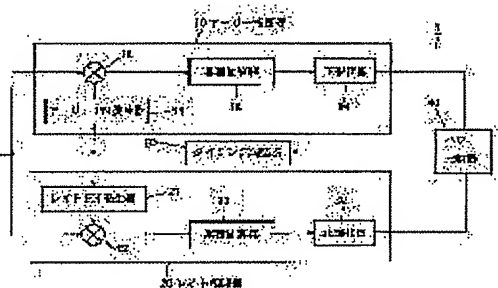
(72)Inventor : SUGIMOTO DAIKI
KAWASUMI IKUO

(54) SYNCHRONOUS FOLLOWUP DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To enable speedy followup by providing a power calculating means, with which the power of correlative values or its average value is found, and a comparing means and changing timing control width for synchronous followup based on the result of the comparing means.

SOLUTION: At a multiplier 12, data Di2 are found by multiplying a PN sequence PNe1, which is generated by an early PN generator 11, and data Di and outputted to a cumulative adder 13. At the adder 13, a cumulatively added value Di3 is found by adding the data Di2 just for a constant N for a certain correlative length and outputted to a normalizer 14. The normalizer 14 finds an early correlative value by dividing the added value Di3 with the constant N. Next, the early correlative value outputted from the normalizer 14 of an early correlator 10 and a late correlative value outputted from a normalizer 24 of a late correlator 20 are outputted to a power comparator 40. At the comparator 40, the difference between the early correlative value and the late correlative value is found and the differential value is compared with an internal parameter. When the differential value is higher, moving width is secured wide and the speedy followup is performed.



PU030112 (JP10056402) ON 8676

- (19) Patent Agency of Japan (JP)
- (12) Official report on patent publication (A)
- (11) Publication number: 10-056402
- (43) Date of publication of application: 24.02.1998
- (51) Int.Cl. H04B 1/707 H04L 7/00
- (21) Application number: 8-209670
- (22) Date of filing: 08.08.1996
- (71) Applicant: OKI Electric Ind Co LTD
- (72) Inventor: Sugimoto Daiki, Kawasumi Ikuo
- (54) Title of the invention: Synchronous follow-up device
- (57) Abstract:

Problem to be solved: To enable speedy follow-up by providing a power calculating means, with which the power of correlative values or its average value is found, and a comparing means and changing timing control width for synchronous follow-up based on the result of the comparing means.

Solution: At a multiplier 12, data Di_2 are found by multiplying a PN sequence PN_{e1} , which is generated by an early PN generator 11, and data Di and outputted to a cumulative adder 13. At the adder 13, a cumulatively added value Di_3 is found by adding the data Di_2 just for a constant N for a certain correlative length and outputted to a normalizer 14. The normalizer 14 finds an early correlative value by dividing the added value Di_3 with the constant N.

Next, the early correlative value outputted from the normalizer 14 of an early correlator 10 and a late correlative value outputted from a normalizer 24 of a late correlator 20 are outputted to a power comparator 40. At the comparator 40, the difference between the early correlative value and the late correlative value is found and the differential value is compared with an internal parameter. When the differential value is higher, moving width is secured wide and the speedy follow-up is performed.

[Claims]

[Claim 1] A synchronous follow-up system of a receiver of mobile communications characterized by including correlator which takes correlation with a spread code and computes a correlation value, and using spectrum spread and code division multiple access, a power calculating means which calculates power of a correlation value outputted from the mentioned above correlator or its average value, power of a computed correlation value or a comparison means, a plurality of thresholds of the average value, an adjustment device to which timing adjustment width for synchronous flattery is changed based on a comparison result by the mentioned above comparison means.

[Claim 2] A synchronous follow-up system provided with a control means which outputs a comparison result by the mentioned above comparison means to the mentioned above correlator and to which correlation length of the

mentioned above correlator is changed based on this comparison result in a synchronous follow-up system according to the mentioned above claim 1.

[Claim 3] The synchronous follow-up system according to claim 2 characterized by that the mentioned above correlation length is the section of accumulation.

[Claim 4] The synchronous follow-up system according to claim 1 or 2 including the late correlator with which the mentioned above PN series and a PN series (late code) in which a half-chip phase was used, the early correlator with which a PN series (early code) which a half-chip phase followed compared with a PN series (pseudo-random code sequence) by which the mentioned above correlator is used for a recovery of a sending signal was used.

[Claim 5] The synchronous follow-up system according to the mentioned above claim 1 or 2 characterized by that the mentioned above comparison means comparing with a plurality of thresholds a difference value of an early correlation value outputted from the mentioned above early correlator, and the late correlation value outputted from the mentioned above late correlator, the early correlator with which a PN series (early code) which a half-chip phase followed compared with a PN series (pseudo-random code sequence) used for a recovery of a sending signal was used, the late correlator with which the mentioned above PN series and a PN series (late code) in which a half-chip phase was used.

[Claim 6] The synchronous follow-up system according to claims 1, 2, 4 or 5 performing adaptive control which determines reliability of a correlation value according to power of a correlation value outputted from the mentioned above correlator or its average value, and changes working speed based on this reliability.

[Claim 7] The synchronous follow-up system according to claims 1, 2 or 5 characterized by that a plurality of thresholds depended on the mentioned above comparison means is a plurality of internal parameters which it has inside a device.

[Claim 8] The synchronous follow-up system according to claim 1 characterized by that the mentioned above timing adjustment width is the phase moving width of a spread code of a receiver.

[Detailed description of the invention]

[0001] [Field of the invention] This invention relates to the synchronous follow-up system of a receiver, and relates to the synchronous follow-up system of the receiver in the mobile communication method using a code division multiple access (CDMA) communication method in details.

[0002] [Description of the prior art] In recent years, the research and development about a CDMA (Code Division Multiple Access) method are briskly performed as one of the art for raising the frequency utilization efficiency in mobile communications.

[0003] By processing the interference signal from other transmitting stations other than the desired wave multiplexed in the process of spread /opposite spread like thermal noise in this CDMA, a number proportional to a process profit (processing gain) of transmitting stations are able to use the same frequency band simultaneously. At CDMA, transmitting stations, such as a user for whom spread (DS: Direct Sequence) uses the same frequency directly, are separated in code which carried out the false rectangular cross, for example.

[0004] As a synchronous follow-up system using a CDMA communication method, there is one which indicated by “Spread spectrum system and next-generation highly efficient communication, written by Yamauchi” p114-p116, for example.

[0005] Once it succeeds in search of a synchronous position, the mode of a synchronous system will change so that a synchronous position may be missed under neither abnormal conditions nor the influence of noise after it and it may supervise and correct. This is synchronous pursuit (tracking). In DS method, since a S/N ratio is remarkable and low, even when it is small, when a synchronous position is unsteady, an input signal will be missed simply.

[0006] The synchronous follow-up system which DS receiver may be sufficient as and is used is called the synchronous follow-up system (DLL: DelayLocked Loop).

[0007] Operation of the conventional synchronous follow-up system (DLL) is explained.

[0008] DLL includes 2 sets of correlators, comparing with the PN series (pseudo-random code sequence) used for the opposite spread/detection of a signal actual to each correlator, respectively, a half chip phase, the advanced PN series (early code) and the PN series (late code) in which the half-chip phase was used.

[0009] In the conventional DLL, the correlation value which took correlation in early code, and the difference value of the correlation value which took correlation by the late code are calculated. And if this difference value is positive, the generating phase of a PN series is delayed, and by controlling to advance the generating phase of a PN series, if a difference value is negative, the phase of the PN series over an input signal is synchronized, and it can continue holding. Thus, a PN series can be made to be able to follow change of the path by phasing and the power of demodulated data can be maintained at the maximum.

[0010] [Problems to be solved by the invention]

However, if it is in such a conventional DLL, since it had become the composition which carries out synchronous flattery by the mentioned above operation at change of a path, if the power of a path becomes small, the correlation value calculated by early code or late code will be buried in a noise, and there is a problem that flattery of an exact path becomes impossible and operation of DLL becomes

unstable. For this reason, from the position of a path with exact DLL, it shifts and the quality of the correlation value of correlator deteriorates.

[0011] When the power of a path becomes large again, there is also a problem that the supplement of the position of a path cannot be performed in DLL.

[0012] An object of this invention is to provide the synchronous follow-up system which can give the phase which could follow quickly, the phase was changed sharply, made the range of fluctuation small when a difference value was small even if it was a case where a difference value became large, and was stabilized.

[0013] [Means for solving the problem] In a synchronous follow-up system of a receiver of mobile communications, a synchronous follow-up system according to this invention is provided with correlator which takes correlation with a spread code and computes a correlation value, and using spectrum spread and code division multiple access, a power calculating means which calculates power of a correlation value outputted from correlator or its average value, a comparison means of a plurality of thresholds of average value, power of a computed correlation value and an adjustment device to which timing adjustment width for synchronous flattery is changed based on a comparison result by a comparison means and constituted.

[0014] The mentioned above synchronous follow-up system may output a comparison result by a comparison means to correlator, and may provide with and constitute a control means to which correlation length of correlator is changed based on this comparison result, and correlation length may be the section of accumulation.

[0015] Early correlator with which a PN series (early code) which a half-chip phase followed compared with a PN series (pseudo-random code sequence) by which correlator is used for a recovery of a sending signal was used, late correlator with which a PN series and a PN series (late code) in which a half-chip phase was used.

[0016] Early correlator with which a PN series (early code) which a half-chip phase followed compared with a PN series (pseudo-random code sequence) by which the mentioned above synchronous follow-up system is used for a recovery of a sending signal was used, the late correlator with which a PN series and a PN series (late code) in which a half-chip phase was used and may be made for a comparison means to compare with a plurality of thresholds a difference value of an early correlation value outputted from early correlator and the late correlation value outputted from the late correlator.

[0017] Reliability of a correlation value is determined according to power of a correlation value outputted from correlator or its average value, and it may be made to perform adaptive control which changes working speed based on this reliability.

[0018] A plurality of thresholds depended on a comparison means may be a plurality of internal parameters which it has inside a device, and timing adjustment width may be the phase moving width of a spread code of a receiver.

[0019] [Embodiment of the invention] The synchronous follow-up system according to this invention is applicable to the synchronous follow-up system used for the mobile communications system which used the CDMA communication method.

[0020] Drawing 1 is a block diagram showing the composition of the synchronous follow-up system according to the 1st embodiment of this invention.

[0021] In drawing 1, the synchronous follow-up system (DLL) 1 includes the early correlator 10, the late correlator 20, the timing adjustment device 30 (adjustment device), and the power comparator 40 (a power calculating means, comparison means), and the early correlator 10 includes early PN generator 11, the multiplier 12, the cumulative adder 13, and the normalizer 14, the late correlator 20 includes late PN generator 21, the multiplier 22, the cumulative adder 23, and the normalizer 24.

[0022] As shown on drawing 1, this synchronous follow-up system (DLL) 1 has 2 sets of correlators (the early correlator 10 and the late correlator 20), comparing with the PN series (pseudo-random code sequence) used for the recovery of a sending signal actual to each correlator,

respectively, a half chip phase, the advanced PN series (early code) and the PN series (late code) in which the half-chip phase was are used.

[0023] The mentioned above power comparator 40 compares the power of the correlation value outputted from the correlators 10, 20 or its average value with a plurality of thresholds which ask and have the power of the computed correlation value or its average value in a device.

[0024] The mentioned above timing adjustment device 30 changes the timing adjustment width for synchronous flattery according to the comparison result from the power comparator 40.

[0025] Next, operation of the synchronous follow-up system (DLL) 1 constituted as mentioned above is explained.

[0026] The data D_i inputted from R_i is outputted to the multipliers 12, 22 of the early correlator 10 and the late correlator 20.

[0027] With the early correlator 10 and the late correlator 20, since mutually related operation is the same, the early correlator 10 is explained as an example.

[0028] In the multiplier 12, PN series $PNe1$ and the data D_i by which it was generated with early PN generator 11 are multiplied, data $Di2$ is calculated, and this data $Di2$ is outputted to the cumulative adder 13. This operation is shown by the formula (1).

[0029] $Di2 = PNe1 * D_i \dots (1)$

In the cumulative adder 13, only a certain correlation length's constant N carries out accumulation of data Di2, and accumulation value Di3 which calculated and calculated accumulation value Di3 is outputted to the normalizer 14. In the normalizer 14, division of accumulation value Di3 is done by the constant N, and early correlation value CorrE1 is calculated.

[0030] When a formula describes the above operation, it comes to be shown on a formula (2) and a formula (3).

[0031] $Di3 = \sum Di2 = \sum (PNe1 * Di) (i= 1, N) \dots (2)$

$CorrE1 = Di3/N = \sum Di2/N = \sum (PNe1 * Di) / N (i= 1, N) \dots (3)$

Operation with the same the mentioned above of the late correlator 20 is performed and late correlation value CorrL1 is calculated.

[0032] Next, early correlation value CorrE1 outputted from the normalizer 14 of the early correlator 10 and late correlation value CorrL1 which were outputted from the normalizer 24 of the late correlator 20 are outputted to the power comparator 40.

[0033] By the power comparator 40, difference Sub1 early correlation value CorrE1 and the late correlation value CorrL1 is calculated, and difference value Sub1 calculated is compared with a plurality of internal parameters. This operation is shown by the formula (4).

[0034] $Sub1 = CorrE1 - CorrL1 \dots (4)$

Operation which will advance the timing adjustment device timing clock TCLK if the value of the mentioned

above Sub1 is positive fundamentally is performed, if the value of Sub1 is negative, operation of delaying the timing clock TCLK will be performed and new timing clock TCLK' will be generated.

[0035] However, according to the size of a difference value, the moving width X is changed from 0 to N, and the flatness speed of DLL is controlled here. This operation is shown by a formula (5) and the formula (6).

[0036] $TCLK' = TCLK + X \text{ (Sub1 > 0) ... (5)}$

$TCLK' = TCLK - X \text{ (Sub1 < 0) ... (6)}$

The mentioned above moving width X is given by the formula (7) from difference value Sub1, the maximum N, and a parameter.

[0037] $X = f(\text{Sub1, parameters, N}) \text{ ... (7)}$

For example, this function can consider the step function which are given with a parameter.

[0038] The timing adjustment device 30 outputs new timing clock TCLK' to early PN generator 11 and late PN generator 21. Early PN generator 11 which received new timing clock TCLK', and late PN generator 21 generate a new PN series synchronizing with timing clock TCLK'.

[0039] The above is operation of a series of synchronous flatness.

[0040] By this operation, when difference value Sub1 is large, the large moving width X is taken, and it becomes controllable of not following quickly or not moving, when difference value Sub1 is small.

[0041] When asking for the moving width X, it is possible not only difference value Sub1, but to determine, as shown on a formula (8) in consideration of the correlation power itself.

[0042] $X = P \cdot f(\text{Sub1, parameters, N})$
(P: Reliability given by power) ... (8)

That is, when there is sufficient power for DLL, reliability is raised, a quick action is performed, when there is no power, reliability can be lowered, and the adaptive control of blunting operation of DLL can be performed.

[0043] Thus, since the reliability of the correlation value itself is low when power is small, it is avoidable to shift a phase greatly in the direction in which it made a mistake when the difference value itself was trusted and signal strength fell.

[0044] The accuracy of DLL can be raised by the above operation.

[0045] As explained above, the synchronous follow-up system (DLL) 1 according to the 1st embodiment, the early correlator 10, the late correlator 20, and the timing adjustment device 30 to which the timing adjustment width for synchronous flattery is changed according to the comparison result from the power comparator 40, it has the power comparator 40 in comparison with a plurality of thresholds which have in a device the power of the path followed by DLL or its average value, since trying to change the timing adjustment width for

synchronous flattery according to the difference of the correlation value of an early code, and the correlation value of a rate code, when the power of a path is large, the synchronous slew rate of DLL can be gathered and when the power of a path is small, the synchronous slew rate of DLL can be fallen or stopped. By changing a slew rate, by lowering reliability, the range of fluctuation can be made small and it can avoid moving a phase in the random direction according to correlation power.

[0046] Thus, a phase is changed sharply and it can follow quickly for it to be even alike in the difference value having become large, and also, when a difference value is small, the phase which made the range of fluctuation small and was stabilized can be given. When so small that the signal component of received data cannot be followed, by lowering reliability, the range of fluctuation can be made small and it can avoid moving a phase in the random direction.

[0047] By applying the synchronous follow-up system (DLL) 1 which has such a feature to a base station receiving system or a mobile station receiving system, the receiving performance of a system is improvable.

[0048] Drawing 2 is a block diagram showing the composition of the synchronous follow-up system according to the 2nd embodiment of this invention.

[0049] In drawing 2, the synchronous follow-up system (DLL) 2 includes the early correlator 50, late correlator 60, the timing adjustment device 70 (adjustment device),

and the power comparator 80 (a power calculating means, comparison means), and the early correlator 50, including early PN generator 51, the multiplier 52, the cumulative adder 53, and the normalizer 54, the late correlator 60 includes late PN generator 61, the multiplier 62, the cumulative adder 63 and the normalizer 64.

[0050] As shown on drawing 2, this synchronous follow-up system 2 is provided with 2 sets of correlators (the early correlator 50 and the late correlator 60), comparing with the PN series (pseudo-random code sequence) used for the recovery of a sending signal actual to each correlator, respectively, a half chip phase, the advanced PN series (early code) and the PN series (late code) in which the half-chip phase was used.

[0051] The difference from the 1st embodiment is that the power signal from the power comparator 80 is given to the early correlator 50 and the late correlator 60.

[0052] The operation of those other than this signal is the same as that of the 1st embodiment mentioned above. In addition to the 1st embodiment, the following power control is operated.

[0053] Early correlation value CorrE1 outputted from the normalizer 54 and late correlation value CorrL1 which were outputted from the normalizer 64 are outputted to the power comparator 80, respectively.

[0054] In the power comparator 80, average value AVE E1 of the fixed time (namely, the fixed number M) of the power of early correlation value ComE1, the late correlator CorrL1 and AVEL1 are computed according to a formula (9) and a formula (10).

[0055]

$$\text{AVE E1} = \sum \text{CorrE1} / M \quad (i = 1, M) \dots (9)$$

$$\text{AVE L1} = \sum \text{CorrL1} / M \quad (i = 1, M) \dots (10)$$

Next, average value AVE E1 and AVE L1 of the mentioned above power are compared with the power threshold group PowTH (j), and it asks for where average value alphaVE E1 and alphaVEL1 are located in power threshold group PowTH(i).

[0056] According to this position, the control signal C1 which controls the accumulation N of the cumulative adders 53, 63 is outputted to the early correlator 50 and the late correlator 60.

[0057] Since same operation is carried out with the early correlator 50 and the late correlator 60 after receiving the control signal C1, the early correlator 50 is explained as an example.

[0058] The early correlator 50 which received the control signal C1 from the power comparator 80 performs operation which increases the constant N used with the cumulative adder 53 and the normalizer 54 K times according to the control signal C1, and asks for new constant N'. This operation is shown by the formula (11).

[0059] $N' = K * N$.. (11)

However, the mentioned above K always is not one or more. Using this new constant N' , the cumulative adder 53 and the normalizer 54 are operated, and it asks for new early correlation value $CorrE1'$. Also with the late correlator 60, same operation is performed and it asks for new late correlation value $CorrL1'$.

[0060] Here, the increase in the gain of S/N is described with reference to following formula (12) - (15). The early correlator 50 is shown as an example. When the signal component contained in the received data D_i is set to S_i and a noise component is set to N_i , the received data D_i can be expressed like the following formulas (12).

[0061] $D_i = S_i + N_i$... (12)

If this formula (12) is used, early correlation value $CorrE1$ will become like a formula (13).

[0062]
$$\begin{aligned} CorrE1 &= \sum D_i * P_{Ne1} / N \\ &= \sum S_i * P_{Ne1} + \sum N_i * P_{Ne1} \quad (i= 1, N) \\ &= \sum S_i * P_{Ne1} + Noiz \\ &\quad (i= 1, N; Noize = \sum N_i * P_{Ne1}) \dots (13) \end{aligned}$$

Since noise component N_i does not have P_{Ne1} and correlativity, if the original correlation section of $\sum N_i * P_{Ne1}$ ($i= 1, N'$) is large enough, even if the correlation sections increase in number, it will hardly change.

[0063] Thus, early correlation value $CorrE1'$ in correlation section N' becomes like a formula (14).

[0064] $\text{CorrE1}' = \sum S_i * P_{N_{e1}} + \text{Noiz} \quad (i = 1, K * N) \dots (14)$

Thus, the difference of $\text{CorrE1}'$ and S/N of CorrE1 becomes like a formula (15).

[0065]

$(S/N(\text{CorrE1}')) / (S/N(\text{CorrE1})) = K \dots (15)$

S/N of early correlation value $\text{CorrE1}'$ for which it asked by new constant N' has a K times as many gain as S/N of early correlation value CorrE1 of the constant N so that clearly from the mentioned above formula (15).

[0066] Here, as an example, if $K = 2$, it will be set to $N' = 2N$ and the sections (correlation length) of accumulation will increase in number twice over the past. Thus, the value of early correlation value CorrE1 will have a gain of twice as many S/N as this as compared with the time of the constant N .

[0067] Thus, the gain of S/N can be increased, so that the value of K is increased within the section regarded as the power and the phase of a correlation value being almost constant.

[0068] Thus, even when so small that the signal component of received data cannot follow in the former, by enlarging correlation length's constant accommodative, the gain of S/N of an early correlation value and the late correlation value can be enlarged, and flattery of the path in DLL is achieved.

[0069] By carrying out multidata input of the threshold, if correlation power becomes half of a desired value and correlation length is doubled to one fourth, adaptive

control increasing correlation length 4 times can be performed, and the accuracy of DLL can be raised further, for example.

[0070] When there is sufficient power for DLL, control of bringing a slew rate forward is also achieved by taking short correlation length.

[0071] As explained above, the synchronous follow-up system 2 according to the 2nd embodiment, the early correlator 50, the late correlator 60, and the timing adjustment device 70 to which the timing adjustment width for synchronous flattery is changed according to the comparison result from the power comparator 80, it has the power comparator 80 in comparison with a plurality of thresholds which have in a device the power of the path followed by DLL or its average value, since it is controlling to output the comparison result by the power comparator 80 to the correlators 50, 60, and to change the correlation length of the correlators 50, 60 based on a comparison result, even when so small that the signal component of received data cannot follow in the former, by enlarging correlation length's constant accommodative, the gain of S/N of the early correlation value in DLL and the late correlation value can be enlarged, and flattery of the path in DLL is achieved.

[0072] That is, by lengthening correlation length of DLL according to a correlation value, the S/N ratio of the correlation value of an early code and the correlation value of a rate code can be improved, and the signal

component for which a noise was not able to be buried and asked can be extracted until now. Thus, even when the power of a path is small, synchronous flattery of DLL is achieved.

[0073] The adaptive control in a variegated scene is possible by combining with the 1st embodiment. For example, if a quick reaction as shown by the 1st embodiment is possible and power decreases when power is obtained enough, operation of DLL can be dulled with the function shown by the 1st embodiment, correlation length can be lengthened with the function shown by the 2nd embodiment between them, and the power which is sufficient for required trust can be obtained.

[0074] Although the synchronous follow-up system according to each mentioned above embodiment is also applicable to the synchronous follow-up system of the receiver of mobile communications using spectrum spread and code division multiple access which were mentioned above, if it is a communications system which is not limited to this, of course but performs CDMA reception, it cannot be overemphasized that it can apply to all the devices (for example, a base station receiving system and a mobile station receiving system).

[0075] It cannot be overemphasized that a kind of a circuit, PN generator, a number, a connection method that constitute the correlator of the mentioned above synchronous follow-up system are not restricted to the mentioned above embodiment mentioned above.

[0076] [Effect of the invention] In the synchronous follow-up system of the receiver of the mobile communications which used spectrum spread and code division multiple access in the synchronous follow-up system according to this invention, the power calculating means which calculates the power of the correlation value outputted from correlator or its average value, since the comparison means has a plurality of thresholds of the power of the computed correlation value or average value and the adjustment device to which the timing adjustment width for synchronous flattery is changed based on the comparison result by a comparison means and constituted, a phase is changed sharply, and even if it is a case where a difference value becomes large, it can follow quickly, and when a difference value is small, the phase which made the range of fluctuation small and was stabilized can be given.

[0077] Since the control means which outputs the comparison result by a comparison means to correlator and to which the correlation length of correlator is changed based on this comparison result and constituted from a synchronous follow-up system according to this invention, by lengthening correlation length of DLL according to a correlation value, the S/N ratio of the correlation value of an early code and the correlation value of a late code can be improved, and the signal component for which a noise was not able to be buried and asked can be extracted.

[0078] Thus, the receiving performance of a system is improvable by applying such a synchronous follow-up system to a base station receiving system or a mobile station receiving system.

[Brief description of the drawings]

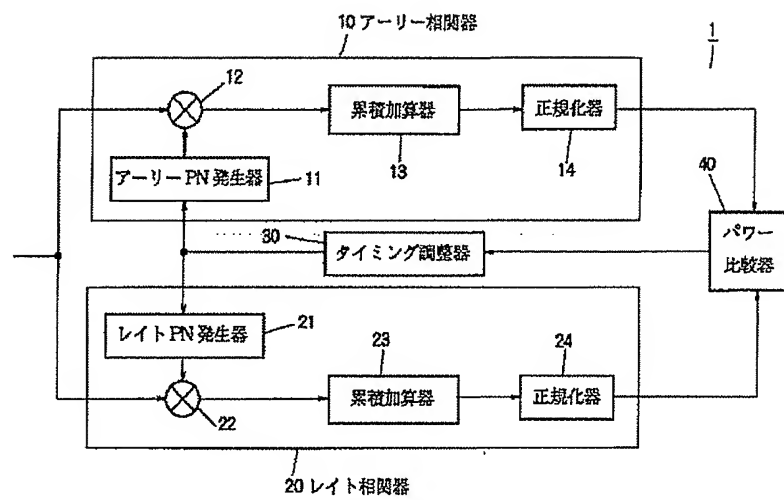
[Drawing 1] is a block diagram showing the composition of the synchronous follow-up system according to the 1st embodiment by this invention.

[Drawing 2] is a block diagram showing the composition of the synchronous follow-up system according to the 2nd embodiment by this invention.

[Description of numerals]

1, 2 A synchronous follow-up system (DLL),
10, 50 An early correlator,
11, 51 An early PN generator,
12, 22, 52, 62 A multiplier,
13, 23, 53, 63 A cumulative adder,
14, 24, 54, 64 A normalizer,
20, 60 A late correlator,
30, 70 A timing-adjustment device (adjustment device),
40 80 A power comparator (a power calculating means, comparison means)

Drawing 1



Drawing 2

